

PATENTSCHRIFT



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

206 607

Int.Cl.³3(51) H 01 L 21/312
G 03 B 27/32
G 02 B 1/06

FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

WP H 01 L/ 2407 868

(22) 18.06.82

(44) 01.02.84

VEB ZFT MIKROELEKTRONIK;DD;
WESTPHAL, PETER,DIPL.-PHYS.;PFORR, RAINER,DIPL.-PHYS.;BEYER, CHRISTIAN,DR.-ING.;DD;
siehe (72)
FISSLER, HERBERT VEB ZENTRUM F. FORSCH. U. TECHNOLOGIE 8080 DRESDEN
KARL-MARX-STRASSE

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BESEITIGUNG VON INTERFERENZEFFEKten

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Beseitigung von Interferenzeffekten bei der Herstellung von integrierten Halbleiterschaltungen auf Resistorschichten mittels monochromatischen Lichtes, wobei während der Belichtung eine durchlässige Hilfsschicht, bestehend aus einer Flüssigkeit oder Klarlackschicht mit einem der Belichtungswellenlänge λ_s angepaßten Brechungsindex, eingesetzt wird, die nach der Belichtung entfernt wird. Die Dicke der Schicht beträgt erfindungsgemäß

$$\frac{\lambda^2}{2n^2\Delta\lambda}$$

Als einer zugehörigen Vorrichtung wird die Flüssigkeit von einem Vorratsgefäß direkt dem System so zugeführt, daß sie zwischen der Unterkante der Vorrichtung und der Resistoberfläche ein geschlossenes System bildet. Das Anwendungsgebiet erstreckt sich vorzugsweise auf das Gebiet der Mikrolithografie.

MECH 1) mon
1/ f CSES
Simplifed

Verfahren und Vorrichtung zur Beseitigung von Interferenzeffekten

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Beseitigung von Interferenzeffekten bei der monochromatischen, dioptrischen Projektionsabbildung sowie der Justierung von Maskenstrukturen auf mit Fotoresist beschichteten Halbleiterscheiben zur Herstellung von integrierten Halbleiterschaltungen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Zur Übertragung von Maskenstrukturen auf Halbleiterscheiben für die Herstellung von integrierten Halbleiterschaltungen werden in zunehmendem Maße optische Projektionsverfahren eingesetzt. Mittels dieser Verfahren wird das Bild einer Maske mit Hilfe eines optischen Projektionssystems erzeugt, das höchste Anforderungen an das Auflösungsvermögen, an die Bildfeldgröße, an die Konstanz des Abbildungsmaßstabes und an andere Abbildungsparameter stellt. Diese Anforderungen sind von refraktiven Optiken nur bei monochromatischer Abbildung zu erfüllen. Wegen der geringen Bandbreite des zur Abbildung eingesetzten Lichtes treten starke Interferenzeffekte in der Fotoresistschicht der Halbleiter-

scheibe auf. Diese Erscheinung ist darauf zurückzuführen, daß die Dicke der Fotoresistschicht gegenüber der Kohärenzlänge des eingesetzten monochromatischen Lichtes klein ist. Diese genannten Interferenzeffekte beeinflussen die Qualität der Abbildung der Resiststrukturen sowie die Justierung der Masken zu bereits auf der Halbleiteroberfläche befindlichen Strukturen bei Folgebelichtungen negativ. Insbesondere tritt dieser Nachteil bei der schrittweisen Belichtung ($1 : x$) auf, wobei auf einer Halbleiterscheibe zur Strukturierung der Gesamtfläche mehrmals justiert und belichtet werden muß.

Zur Reduzierung der die Abbildung störenden Interferenzeffekte werden auch Belichtungseinrichtungen mit bichromatischer Abbildung der Strukturen eingesetzt. Bei diesen Belichtungsverfahren tritt der Nachteil auf, daß die Korrektur für zwei oder mehrere Wellenlängen des verwendeten Lichtes zu Lasten anderer Bildfehlerkorrekturen geht, so daß diese Systeme nicht das Auflösungsvermögen und die Bildfeldgröße monochromatischer Systeme erreichen.

Des Weiteren sind Belichtungseinrichtungen bekannt, bei denen Spiegelsysteme für polychromatische Abbildung eingesetzt werden. Die Abbildungsleistung derartiger Systeme ist jedoch infolge ihrer begrenzten Apertur und des sehr kleinen Bildfeldes nicht mit monochromatischen Abbildungsverfahren vergleichbar, da nur eine Abbildung im Verhältnis von $1 : 1$ möglich ist.

In der OS 29 11 503 ist ein Verfahren zur Herstellung von Strukturen beschrieben, bei dem eine Entspiegelung der auf der Halbleiterscheibenoberfläche aufgebrachten Fotoresistschicht durch das Auftragen mindestens einer

weiteren, dünnen Schicht eines Stoffes mit dem Fotoresist angepaßtem Brechungsindex erreicht werden soll. Die Dicke der Zusatzschicht wird bei diesem Verfahren $\frac{1}{4}$ der Belichtungswellenlänge λ ausgeführt und die Zusatzschicht wird vor dem Belichtungsvorgang auf den Resist aufgetragen.

Des Weiteren ist in einer Variante die Anwendung der Zusatzschicht unter der Photoresistschicht vorgesehen, welche in dem nach dem Belichtungsprozeß folgenden Entwicklungsvorgang mit entfernt wird.

Die Nachteile dieser Lösung bestehen darin, daß die Interferenzeffekte nur bei einer bzw. einem ganzzahligen Vielfachen der eingesetzten Wellenlänge unterdrückt werden und das Verfahren demzufolge nicht gleichzeitig für den Justier- und Belichtungsvorgang einsetzbar ist, da dieselben unterschiedliche Wellenlängen aufweisen. Weiterhin ist die aufgebrachte Hilfsschicht an bereits auf dem Substrat vorhandenen Stufen von Ätzstrukturen nicht wirksam, da die Schichtdickenänderung $\frac{1}{4}$ beträgt

und die Stufen und somit die Schicht zur Einfallrichtung der Lichtwellen geneigt sind. Die Schicht wirkt nur, je kleiner der Neigungswinkel α der Böschung zur Normalen, im Idealfall also mit der Normalen identisch, oder wenn $d_B = d_0 \sin \alpha$ ist (d_B = Schichtdicke auf der Böschung, d_0 = Schichtdicke auf der ebenen Fläche). Ein weiterer Nachteil ergibt sich daraus, daß diese Hilfsschicht exakt gleichmäßig auf der Resist- oder Substratoberfläche verteilt werden muß und daher technologisch schwer beherrschbar und aufwendig ist.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, die bei der Belichtung der auf einer Halbleiterscheibe aufgebrachten Resistorschichten durch von der Halbleiterscheibenoberfläche reflektierte Lichtwellen auftretenden Interferenzerscheinungen auszuschließen.

Aufgabe der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zu entwickeln die es ermöglichen, die störenden Interferenzeffekte bei monochromatischer Abbildung von Maskenstrukturen auf mit einer Fotoresistschicht versehenen Halbleiterscheiben sowie bei Justierungsvorgängen auszuschließen.

Merkmale der Erfindung

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die auf der Halbleiterscheibe aufgebrachte Fotoresistschicht vor der Belichtung zu jedem einzelnen Prozeßschritt mit einer den Fotoresist nicht beeinflussenden Hilfsschicht gleichen Brechungsindex' bedeckt wird, die während der Belichtung auf der Resistorschicht verbleibt und anschließend sowie vor dem Entwickeln der Resistorschicht entfernt wird. Die Dicke der Hilfsschicht wird erfindungsgemäß so groß gewählt, daß die Kohärenzlänge $\ell = \frac{\lambda^2}{n^2 \Delta \lambda}$ kleiner als die

doppelte Gesamtdicke d wird, wobei λ die Wellenlänge, n der Brechungsindex der Hilfsschicht und $\Delta \lambda$ die Bandbreite des Lichtes in der Justier- und Belichtungseinrichtung ist.

Als die Resistorschicht bedeckende Flüssigkeit kann gemäß der erfindungsgemäßen Lösung Immersionsöl, Benzol, Tetra-

chloräthylen, Tetrachlorkohlenstoff, Toluol, Xylol, Trichloräthylen oder Pyridin verwendet werden.

In einer Ausgestaltung der Erfindung wird eine an der Belichtungsoptik vorgesehene Vorsatzeinrichtung soweit abgesenkt, daß ihre untere Öffnung die Fotoresistooberfläche berührt und somit ein geschlossenes System entsteht. Es ist möglich, die Hilfsschicht während des Belichtungsprozesses konstant auf der Resistoberfläche zu belassen oder mittels einer Zusatzeinrichtung druckgesteuert zu- und abzuführen. Als Bedingung dazu gilt, daß die Hilfsschicht nicht von der Unterkante der Vorsatzeinrichtung abreißt.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Beseitigung von Interferenzeffekten weist das Objektiv eine demselben angepaßte, an diesem verstellbar angeordnete und als Vorsatzobjektiv ausgebildete Hülse auf, die im unterem, der Halbleiterscheibe zugewandten Bereich, bis auf den zu übertragenden Bildfeldausschnitt verjüngt ist. Des Weiteren sind Mittel zur Zuführung und Halterung der Hilfsschicht vorgesehen, die mit einem Vorratsbehälter mit einer Dosiereinrichtung verbunden sind.

Die Wirkungsweise des Vorsatzobjektes beruht darauf, daß die Hilfsschicht aus dem Vorratsbehälter der verstellbaren Hülse zugeführt wird, diese ausfüllt und bei abgesenkten Zustand mit der auf der Halbleiterscheibe befindlichen Fotoresistschicht verbunden wird. Im Belichtungsprozeß ist dadurch eine Reflexion der Belichtungsstrahlen ausgeschlossen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels und zweier Zeichnungen näher erläutert.

Dabei zeigen:

Fig. 1 die Oberfläche eines Substrates mit aufgebrachter Fotoresistschicht und darüberliegender Hilfsschicht, bestehend aus einer Flüssigkeit- oder Klarlackschicht mit einem dem Fotoresist gleichen Brechungsindex,

Fig. 2 eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Zur Durchführung des Verfahrens wird eine mit einer Fotoresistschicht 2 versehene Halbleiterscheibenoberfläche 3 mit einer Flüssigkeits- oder Klarlackschicht als Hilfsschicht 1 versehen, die den gleichen Brechungsindex aufweist wie die Fotoresistschicht 2. Die Dicke der Hilfsschicht 1 wird dabei so groß gewählt, daß sie für die längste interessierende Wellenlänge λ bei einer Bandbreite $\Delta\lambda$ ausreichend ist, vorzugsweise wird sie mit einer Dicke von $d \geq \frac{\lambda^2}{2n^2\Delta\lambda}$ ausgeführt. Es ist auch möglich, die Dicke der Hilfsschicht so groß auf die Halbleiterscheibenoberfläche bzw. auf die Fotoresistschicht 2 aufzutragen, daß sie den Raum zwischen der Oberfläche des Resist 3 und der Unterkante des Objektivs 5 ausfüllt, ohne daß bei der Scheiben- oder Objektivbewegung in horizontaler Richtung der Hilfsschichtfilm an seiner Oberfläche abreißt. Für die Anwendung der letzteren Methode ist erfindungsgemäß ein Vorsatz 4 für das Objektiv 5 vorgesehen, welcher dasselbe verschiebar umschließt und bis auf die Halbleiterscheibenoberfläche 3 absenkbar ist.

Der Innenraum des Vorsatzes 4 ist mit einer in der Erfindung bezeichneten Flüssigkeit 1 zwischen der Halb-

leiterscheiben- bzw. Resistoberfläche 3; 2 und einem mit einer Dosiereinrichtung 7 verbundenen Einlauf gefüllt, oder steht mit dem letzten, unteren optischen Mittel des Objektives in Wirkungsverbindung, ohne daß ein Luftspalt zwischen der Hilfsschichtoberfläche 1 und dem optischen Mittel vorhanden ist.

Durch die dosierte Zufuhr der Hilfsschicht 1 ist ein Pegel auf dem zu justierenden und zu belichtenden Gebiet der Halbleiterscheibe 3 vorhanden, der während des anschließenden Justier- und Belichtungsvorganges die störenden Interferenzerscheinungen in einem breiten Spektralbereich ausschließt.

Nach der Belichtung wird die Hilfsschicht 1 abgespült oder abgeschleudert und die Fotoresistschicht 2 wird wie bekannt entwickelt.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Lösung sind insbesondere darin begründet, daß die Hilfsschicht 1 auch an Stufen oder bereits vorhandenen Ätzgräben und Strukturen auf der Halbleiterscheibenoberfläche 3 auftretende Interferenzerscheinungen weitestgehend vermeidet. Daraus resultieren eine Verringerung der Maßabweichung an den Stufen sowie eine Verringerung der Justierfehler.

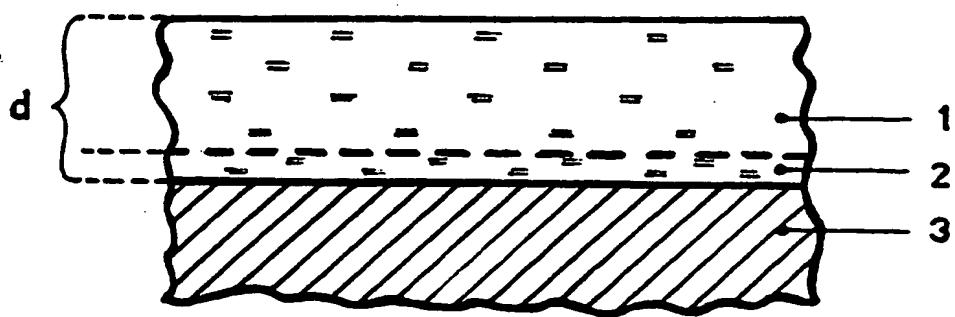
Durch die Vergrößerung der bildseitigen Apertur um den Faktor n wird gleichzeitig bei entsprechend korrigiertem Objektiv die Auflösung um den Faktor n erhöht bzw. die minimale nutzbare Strukturbreite um den Faktor $\frac{1}{n}$ verkleinert.

Erfindungsanspruch

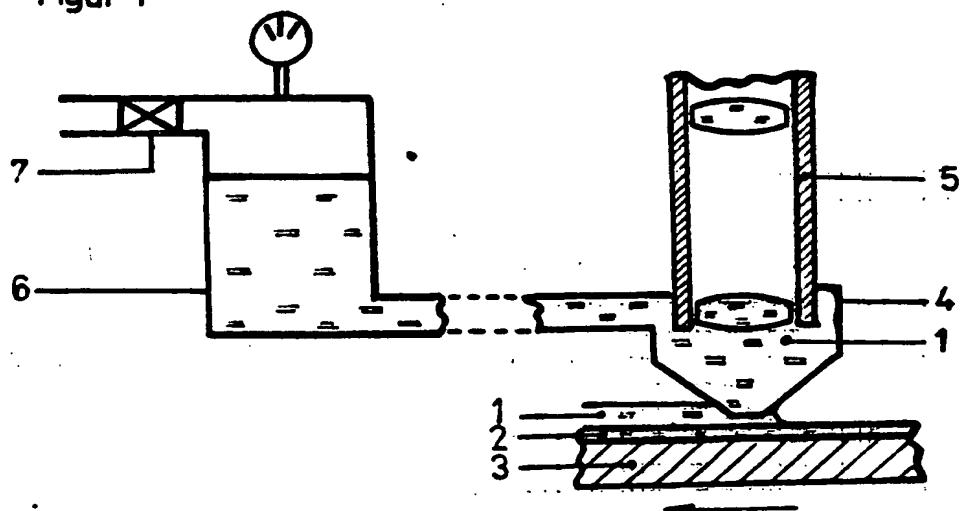
1. Verfahren zur Beseitigung von Interferenzeffekten bei der Herstellung von integrierten Halbleiter-schaltungen auf Fotoresistschichten mittels monochromatischem Licht, wobei zur Verringerung des Effektes der unterschiedlichen Intensitätsein-kopplung während der Belichtung die Fotoresist-schicht vor der Belichtung mit mindestens einer lichtdurchlässigen Schicht kombiniert und nach der Belichtung entfernt wird, wobei die Dicke der Schicht d_s und deren Brechungsindex n_s der bei der Belichtung in der zusätzlichen Schicht herrschenden Wellenlänge λ_s des verwendeten Lichtes angepaßt ist, gekennzeichnet dadurch, daß als lichtdurchlässige Hilfsschicht eine Flüssigkeit verwendet wird, die der Dicke $d \geq \frac{\lambda^2}{2n^2 \Delta \lambda}$ entspricht, wobei λ die längste Wellenlänge, vorzugsweise die Justierwellenlänge, ist und $\Delta \lambda$ die zugehörige Bandbreite sowie n den Brechungs-index der Flüssigkeit darstellt.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß als Flüssigkeit Immersionsöl, Benzol, Tetrachloräthylen, Tetrachlorkohlenstoff, Toluol, Xylol Trichloräthylen, Klarlack oder Pyridin verwendet wird.
3. Verfahren nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet da-durch, daß die Flüssigkeit zwischen der Fotoresist-oberfläche und dem Objektiv ohne Luftspalt ange-ordnet wird.

4. Verfahren nach den Punkten 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Flüssigkeit konstant zu- und abgeführt wird.
5. Verfahren nach den Punkten 1 bis 4, gekennzeichnet dadurch, daß der Flüssigkeitsstand während des Belichtungsprozesses auf der Fotoresistschicht konstant bleibt.
6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Punkte 1 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß die Belichtungsoptik (5) eine Vorsatzeinrichtung (4) aufweist, die mit einem Vorratsbehälter (6) mit Steuereinrichtung (7) für die Flüssigkeit (1) verbunden ist, und daß die Vorsatzeinrichtung (4) bis auf das Niveau der auf dem Substrat (3) aufgebrachten Fotoresistschicht (2) absenkbare ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen



Figur 1



Figur 2